

Säkerheten vid kärnkraftverk

Säkerheten vid kärnkraftverk

Bruket av kärnenergi får inte äventyra miljön. I västliga industriländer (OECD-länder) har man alltid följt principen att säkerheten tryggas med mångfaldiga arrangemang. En farlig situation kunde endast uppstå om flera tekniska fel och misstag från personalens sida skulle inträffa samtidigt.

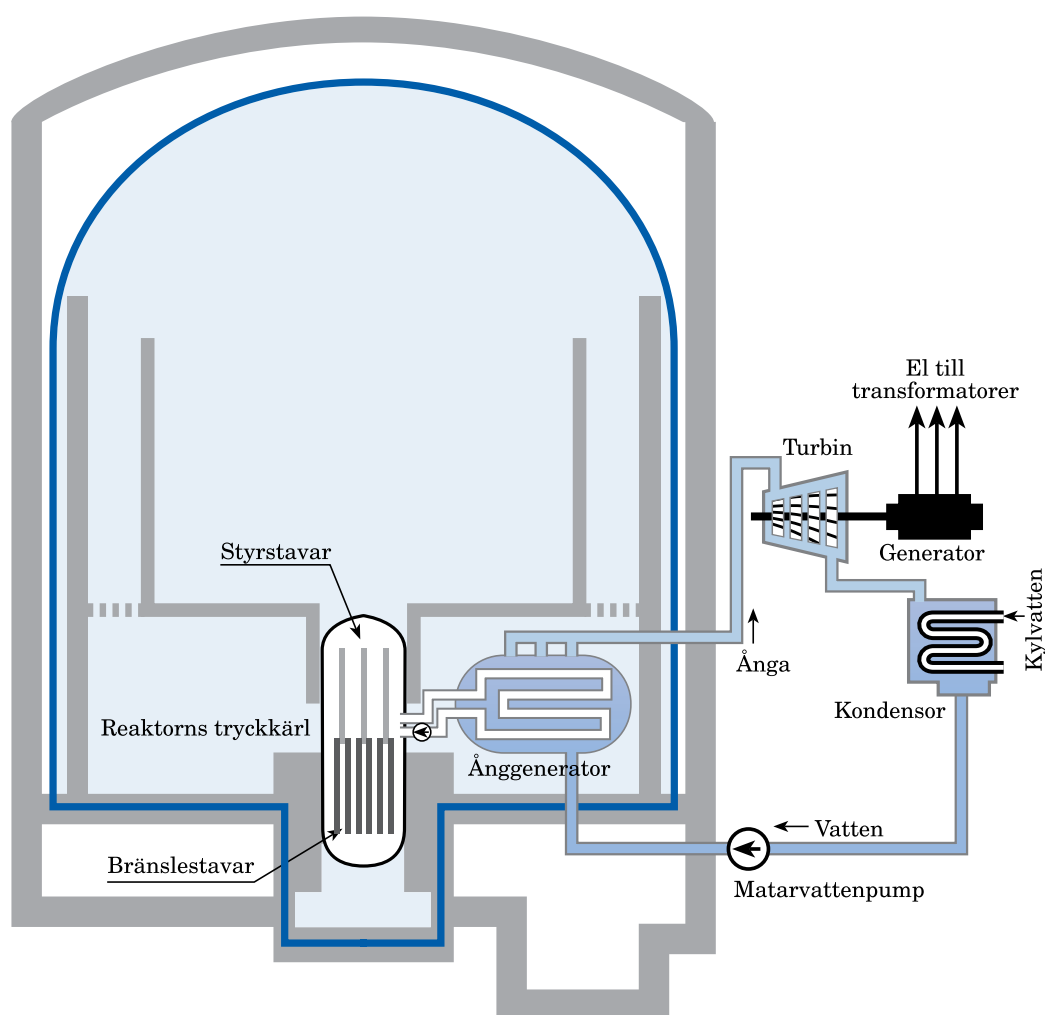
Vid kraftverk som följer sådana säkerhetsprinciper har det inte

skett en enda olycka där man behövt vidta åtgärder för att skydda befolkningen för strålning på grund av utsläpp av radioaktiva ämnen.

Till exempel i Harrisburg år 1979 frigjordes strålning inuti kraftverket, då reaktorhärden smalt på grund av en läcka i kylkretsen. Skyddsbyggnaden förhindrade ändå att betydande utsläpp kom ut i miljön.

Riskerna beaktas redan vid planeringen av kraftverk

Det fredliga bruket av kärnkraft påbörjades på 1950-talet och produktionen växer fortfarande. Vid slutet av år 2007 har kärnkraftverken en sammanlagd erfarenhet motsvarande över 12 000 år av bruk. Omfattande internationellt samarbete, kraftiga satsningar på forskning och utveckling, detaljera-



Ett kärnkraftverk med tryckvattenreaktor producerar värme som ånggeneratorn använder för att koka vatten till ånga. Ånga får turbinen att rotera vilket i sin tur driver generatorn som producerar elektricitet. Ett kraftverk med kokvattenreaktor saknar ånggenerator. Ånga uppstår i reaktorn då kondensvattnet strömmar genom bränsleknippena.

Hur producerar man elektricitet i ett kärnkraftverk?

Värmen som kärnkraftverket producerar föds i kärnreaktorn. Reaktorhärden består av bränslestavar i metallhölje, i vilka det finns urandioxidbränsle i form av keramiska tabletter. Sammanlagt finns det några tiotal tusen stavar. Reaktorhärden är instängd i ett tryckkärl.

Kärnbränslet innehåller uran. Urankärnornas klyvning, fissionen, frigör energi och hettar upp bränslet. Värmen går från bränslet till reaktorns kylvatten.

I ett kokvattenkraftverk förångas en del av kylvattnet i reaktorn, och den expanderande ångan används för att driva turbinen och den elgenerator som är kopplad till turbinen.

I tryckvattenkraftverk produceras ångan i ånggeneratorer, genom vilka högtrycksvattnet som hettats upp i reaktorn färdas i tunna rör.

I Olkiluoto som ägs av Industrins Kraft är de två kraftverksenheter som används av kokvattentyp, och den tredje enheten som byggs är en tryckvattenanläggning. De två kraftverksenheter i Lovisa som tillhör Fortum Power and Heat är tryckvattenkraftverk.

Man använder styrstavar för att reglera reaktorns effekt. De innehåller ett ämne som kraftigt absorberar neutroner, till exempel bor. Då styrstavarna skjuts in i reaktorn, absorberar de en del av neutronerna och dämpar kedjereaktionen. Reaktorns effekt sjunker. Man kan också stänga av reaktorn snabbt med hjälp av styrstavarna, det vill säga man gör ett så kallat snabbstopp.

de säkerhetskrav samt oberoende övervakning från myndigheter har varit typiska för bruket av kärnenergi i OECD-länder. Man strävar idag efter att följa samma principer även i andra kärnkraftsländer.

Kärnreaktioner skapar radioaktiva ämnen

Riskerna med kärnkraft beror på den stora mängden radioaktiva ämnen som uppstår i reaktorn. Man bör förhindra att de kommer ut i miljön.

Flerfaldiga barriärer tryggar miljön

En av de centrala principerna för kärnsäkerhet är att ordna flerfaldiga barriärer mellan miljön och de radioaktiva ämnena. Den första barriären är själva kärnbränslet. Vid normalt bruk är huvuddelen av fissionsprodukterna i fast form och förblir en del av det keramiska bränslematerialet. En liten del av de gasformiga fissionsprodukterna sipprar ut ur bränslet, men förblir

ändå inuti bränslestavens täta skyddsskal.

Den andra barriären är kylkretsens vägg som innesluter de radioaktiva ämnena som hamnar i kylvattnet. De radioaktiva ämnena i kylvattnet samlas upp i vattenreningssystemets eller gasbehand-

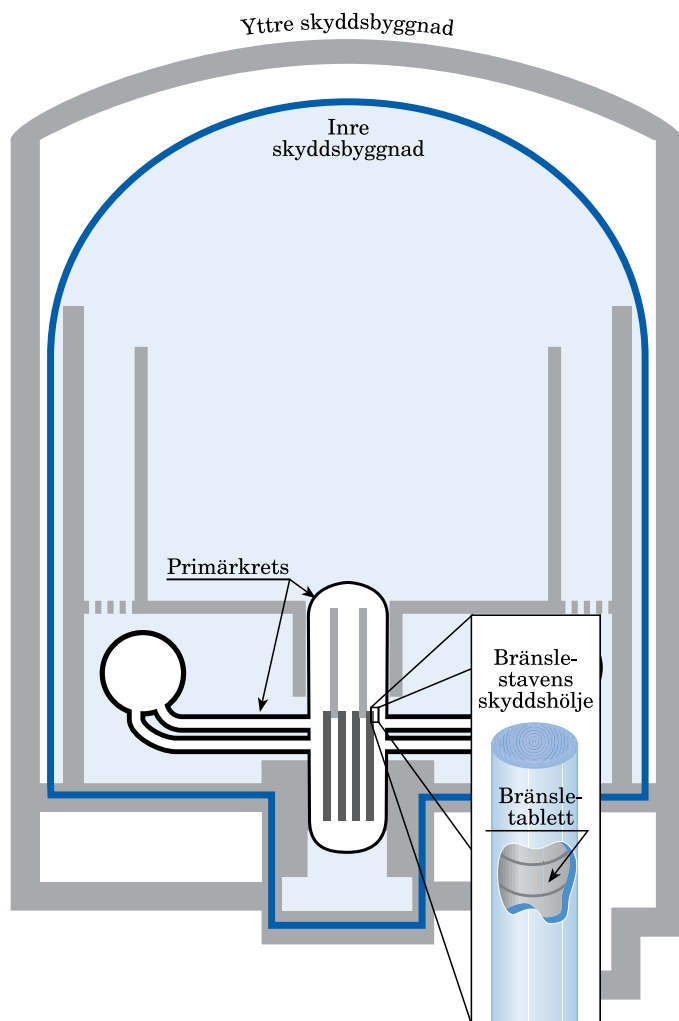
lingssystemets filter och behandlas vid behov som kärnavfall.

Den tredje barriären är den trycksäkra och gastäta skyddsbyggnaden som omger reaktorns kylkrets. Dess uppgift är att stänga in ånga och vatten som frigörs ifall kylkretsens skadas.

Två olyckor

Reaktorn i TMI-kärnkraftverket i närheten av Harrisburg i Förenta Staterna torkade år 1979 då kylvattnet läckte ut från kylkretsen genom en ventil som fastnat i öppet läge. Kraftverkets personal misstolkade situationen och stoppade nödkylsystemet. Reaktorhärden hann delvis smälta innan man fått igång systemet på nytt. Skyddsbyggnaden förhindrade ett betydande utsläpp av radioaktiva ämnen i omgivningen.

Under sovjettiden år 1986 gick reaktorn explosionsartat sönder i kärnkraftverket i Tjernobyl i Ukraina. Man förlorade kontrollen över kedjereaktionen som normalt skall producera effekt i reaktorn. Det skedde på grund av grundläggande fel i planeringen av reaktorn. Felen har på senare tid rättats till i alla de reaktorer av samma typ som fortfarande är i bruk.



De på varandra följande hindren för spridning av radioaktiva ämnen är bränslets gastäta skyddsskal, primärkretsen och skyddsbyggnaden. Radioaktivitet finns främst inuti bränslet. Skyddsbyggnaden skyddar omgivningen mot olyckor på kraftverket och kraftverket för påverkan från omgivningen.

Den fjärde barriären är den yttre skyddsbyggnaden eller reaktorbyggnaden som omger den egentliga skyddsbyggnaden. Luften i utrymmet mellan skyddsbyggnaderna sugas ut via filter så att de radioaktiva ämnen som eventuellt läckt ut ur den inre skyddsbyggnaden fastnar i fil-

tren. Den yttre skyddsbyggnaden har också som uppgift att skydda reaktorn mot yttre hot såsom ett kraschande flygplan.

Vid normal drift kan det finnas tillfälliga läckor i bränslestavarnas skyddsskal, vilket kan leda till att det frigörs lite radioaktiva ämnen i kylkretsens vatten. Små mängder

radioaktiva ämnen uppstår också när ämnen i byggmaterialen eller i kylvattnet aktiveras, då neutroner som uppstår i reaktorn kolliderar med dessa.

Under normal drift släpper man ut små mängder kylvatten och gaser från kärnkraftverkets processer. De filtrerade gaserna avlägsnas via en ventilationsskorsten till atmosfären och det rengjorda vattnet släpps ut i havet. Med dem frigörs ytterst små mängder radioaktiva ämnen i miljön.

I Finland har utsläpp av radioaktiva ämnen varit så pass små att stråldoserna för dem som bor nära kraftverket varit under en tusendel av den strålexponering som den naturliga bakgrundsstrålningen orsakar.

Det primära målet är att förhindra allvarliga olyckor

Kärnkraftverket är tryggt med tanke på miljön då man lyckas hålla de radioaktiva ämnena inom kraftverket. Målet för säkerhetsplaneringen är att förhindra en allvarlig olycka där radioaktiva ämnen som samlats i reaktorn kunde frigöras från bränslet och komma ut ur kraftverket. I västerländska kraftverk har man lyckats bra på den här punkten.

Endast en sådan olycka som skulle skada både reaktorn och skyddsbyggnaden kunde märkbart öka strålexponeringen för invånarna i omgivningen. Människor på under 20 kilometers avstånd från olycksreaktorn kunde i fall av en allvarlig olycka få akuta hälsoskador.

Fastän det inte skulle förekomma akuta strålskador, kan exponeringen för strålning som orsakas av en olycka leda till att några exponerade personer insjuknar i cancer efter ett antal år. Dessutom skulle åtgärderna för att begränsa strålexponeringen försvåra människornas liv.

Stoppandet och nedkylningen av reaktorn bör säkerställas

Reaktorn kan skadas om man tappar kontrollen över kedjereaktionen, reaktorns effekt stiger plötsligt och bränslet överhettas. Möjligheten för en sådan händelse är ändå praktiskt taget utesluten i en välplanerad reaktor.

I fall av störningar säkerställs reaktorstoppet med två säkert fungerande, oberoende system. Kärnreaktorerna som används i Finland har dessutom planerats så att egenskaper som bygger på naturlagar undertrycker en ökning av kedjereaktionen i samband med störningar.

Den största olycksrisken beror på att sönderfallet hos de radioaktiva fissionsprodukterna genererar värme i reaktorn ännu efter det att kedjereaktionen stannat. Om man förlorar vattnet som kylvat ner bränslestavarna, överhettas stavarna och skadas.

Vattnet kan försvinna om det uppstår en läcka i kylkretsen. För att förhindra överhettning utrustas reaktorn med nödkylsystem som matar in nytt vatten i reaktorn. Vattnet kan också försvinna genom att koka om inte hettan fås bort från reaktorns kylkrets. Värmeöverföring från reaktorns kylkrets till havsvattnet kan skötas med flera parallella kylkretsar.

En väsentlig del av kärnkraftverkets säkerhet är att säkerställa tillgången till elektricitet eftersom de flesta säkerhetssystem använder ström. För att förhindra ett strömavbrott används flera parallella strömkällor. Kraftverken har flera anslutningar till det riksfattande elnätet samt en direkt anslutning till övriga kraftverk i omnejden. Dessutom finns flera dieseldrivna reservgeneratorer tillgängliga på kraftverket. Bara en av dessa räcker till för att sköta de viktigaste säkerhetsarrangemangen. Vissa säkerhetssystem

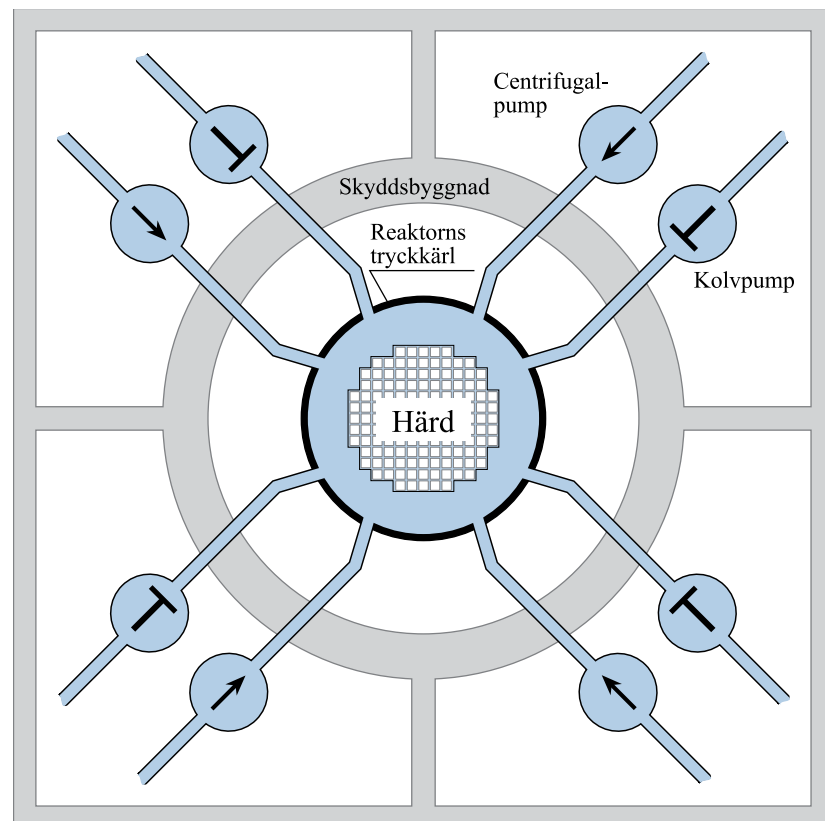
kan även användas direkt med egna dieselmotorer.

I vissa nya reaktorplaner ingår passiva säkerhetssystem som fungerar utan ström eller annan yttre drivkraft. Deras funktion bygger på jordens dragningskraft, temperaturskillnader eller gastryck. Vissa passiva säkerhetslösningar är i bruk redan i nuvarande kraftverk. Till exempel i Lovisa kärnkraftverk finns det nödkylningsbehållare som utlöses av gastryck.

Om man inte skulle få en olycka under kontroll och reaktorn skulle bli torr och överhettas skulle radioaktiva ämnen komma ut i miljön endast om den gastäta och övertryckståliga skyddsbyggnaden skadades.

Målen för säkerhet har skärpts

Då man på 1960- och -70-talen planerade de kärnkraftverk som nu är i bruk, ansåg man att sannolikheten för en allvarlig skada på reaktorn var försvinnande liten



I nödkylsystemen vid Olkiluoto kraftverk finns fyra delsystem varav det räcker att två fungerar för att kyla ner reaktorn (parallellprincipen). För nödkylning kan också användas system som baserar sig på olika tekniska lösningar såsom centrifugalpump och kolv-pump (olikhetsprincipen). För att minska på inverkan av bränder och yttre hot har man placerat delsystemen i olika utrymmen på olika sidor av reaktorn (separationsprincipen).

Radioaktiva ämnen och strålning

En fissionsreaktion sker då en neutron (en icke elektriskt laddad elementarpartikel) träffar urankärnan, som klyvs i två lättare kärnor. Samtidigt frigörs några nya neutroner. Dessa kan i sin tur orsaka nya fissioner, det uppstår en kedjereaktion.

Vid fissionen uppstår radioaktiva ämnen. De är labila och sönderfaller av sig själva till andra grundämnen. I samband med sönderfallet utgår joniserande strålning från kärnan, vilken är farlig för människor och den levande miljön. Radioaktiva ämnen uppstår i kärnreaktorer också genom aktiveringsreaktioner som neutroner orsakar, till exempel i byggnadsmaterialet och kylvattnets orenheter.

Sönderfallshastigheten hos en mängd av ett radioaktivt ämne kan beskrivas med halveringstid, inom vilken hälften av de ursprungliga kärnorna sönderfaller. Halveringstiderna kan i olika ämnen variera från bråkdelen av en sekund till miljarder år.

Radioaktiva kärnor avger strålning bara då de sönderfaller. Då ett radioaktivt ämne blivit stabilt som ett resultat av ett eller flera sönderfall, avger det inte längre någon strålning.

och att kraftverkets strukturer inte behöver planeras för den eventualiteten. Därefter har man kunnat minska väsentligt på sannolikheten för en olycka. Samtidigt har man höjt målen för säkerhet. Från och med 1970-talet har man fäst större uppmärksamhet vid möjligheten för allvarliga olyckor som leder till att reaktorhärden smälter samt vid att begränsa konsekvenserna av sådana olyckor.

I Finland får inte ens en hardsmälta leda till stora utsläpp av radioaktiva ämnen.

Säkerheten tryggas på många sätt

Som utgångspunkt för säkerhetsplanerandet väljs de händelser och omständigheter som anses vara de värsta möjliga. Vid planeringen beaktas kraftverkets inre händelser såsom rörbrott och eldsvådor samt yttre händelser såsom avvikande fenomen i vädret, jordbävningar och kraschande flygplan.

I samband med alla dessa händelser bör man kunna säkerställa att reaktorn stoppas och kyls ned samt att spridning av radioaktiva ämnen förhindras. För detta planeras säkerhetssystem vars funktion och dimensionering baserar sig på numeriska olycksanalyser och experimentbaserad kunskap. Balansen i planerna avvägs också med metoder som baserar sig på statistik och sannolikhet.

Omgivningens säkerhet beaktas

Även om alla säkerhetssystem skulle svika och en olycka som leder till radioaktiva utsläpp skulle inträffa, bör man sörja för säkerheten i omgivningen. På grund av detta har kärnkraftverk och myndigheter på förhand uppgjorda beredskapsplaner. I en olyckssituation följer räddningsmyndigheter och Strålsäkerhetscentralen med strålningsnivåerna i omgivningen och ger allmänheten anvisningar för att skydda sig.

PLANERINGSPRINCIPER FÖR SÄKERHETSSYSTEM

Parallellprincipen

- Många identiska delsystem som ersätter varandra
- Säkerhetsuppgiften uppfylls om till exempel två av fyra eller ett av tre delsystem fungerar.

Separationsprincipen

- Parallella delsystem planeras så att samtidiga skador är osannolika.
- Delsystemen placeras i olika utrymmen eller i samma utrymme långt ifrån varandra.
- Delsystemen åtskiljs funktionellt från varandra och skadlig växelverkan i system som är förbundna med varandra förhindras.

Att använda olika funktionsprinciper

- Samma funktion förverkligas i system som baserar sig på olika funktionsprinciper.
- Till exempel avstängning av reaktorn kan göras med hjälp av styrtavar eller genom att pumpa borlösning in i reaktorn.

Det säkra tillståndets princip

- Om en apparat förlorar sin drivkraft, hamnar den i ett så säkert tillstånd som möjligt med tanke på kraftverkets säkerhet.
- Till exempel förlusten av elektricitet till skyddssystemet som sköter om starten av säkerhetssystemen leder till att säkerhetssystemen startas.

Tillräcklig tid för övervägande

- De säkerhetsåtgärder som behövs i första fasen av en olycka startar automatiskt.
- Det blir tillräckligt med tid för övervakningspersonalen att överväga fortsatta åtgärder, vanligen 30 minuter.
- Personalen kan vidta åtgärder också tidigare, men automatiska åtgärder kan inte stoppas om inte situationen återgått till det normala.

Säkerheten tryggs på många nivåer

Det finns djup i tryggheten av kärnkraftverkets säkerhet sålunda, att enskilda fel eller mänskliga fel inte nämnvärt påverkar kraftverkets säkerhet i sin helhet. Till och med avsiktligt äventyrande av säkerheten förhindras på ett tillförlitligt sätt.

Preventiva åtgärder

I planeringen av viktiga apparater vid kärnkraftverket tillämpas höga kvalitetskrav och tillräckliga säkerhetsmarginaler. Vid planeringen eftersträvar man även spontant stabila lösningar som korregerar onormala förhållanden. Särskilt reaktorn planeras så att naturliga återkopplingar förhindrar en okontrollerad ökning i effekten.

Kraftverkets apparater klassas enligt deras betydelse för säkerheten. Ju viktigare klass en apparat tillhör, desto högre kvalitet krävs det vid tillverkning och underhåll.

För att kraftverket ska användas så säkert som möjligt fäster man avseende vid kvalitetssäkring samt särskilt vid organisationens verksamhet, förfaringssätt, skolning och instruktioner.

Skydd

Med tanke på möjliga olycksfall utrustas kärnkraftverk med system som varseblir störningar och förhindrar att de utvecklas till allvarliga olyckor. Med dessa system säkerställs särskilt att reaktorn stoppas, reaktorhärden kyls ned och eftervärmen avlägsnas.

Att lindra konsekvenserna

Om man inte kan förebygga en olycka eller förhindra dess utveckling, är det fortfarande möjligt att lindra olyckans konsekvenser. Då är det viktigast att säkra att systemen som är anknutna till skyddsbyggnaden fungerar.

Riskerna med kärnkraft beror på den stora mängden radioaktiva ämnen som bildas i reaktorn. Man bör förhindra att dessa ämnen kommer ut i omgivningen. Att detta krav uppfylls säkerställs med fler-faldiga arrangemang.

Tilläggsinformation

Översikter

Strålrisk och skydd (November 2002)

Strålningens hälsoverkningar (Januari 2008)

Bokserien om strål- och kärnsäkerhet (på finska)

Säteily ja sen havaitseminen

Säteily ympäristössä

Säteilyn terveysvaikutukset

Ydinturvallisuus

www.stuk.fi



Flänsvägen 4, 00880 Helsingfors
Tel. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500
www.stuk.fi

Helsingfors 2008